

University of Groningen

## Ecologische en fysiologische aspecten van bacteriële sulfaatreductie in het waddengebied

Vosjan, Jan Hendrik

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1975

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Vosjan, J. H. (1975). *Ecologische en fysiologische aspecten van bacteriële sulfaatreductie in het waddengebied*. s.n.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

## HOOFDSTUK VIII

### SAMENVATTENDE DISCUSSIE

Sulfaat is in grote hoeveelheden door rivieren naar zee getransporteerd. Slechts twee processen zijn van belang bij het onttrekken van sulfaat aan zeewater, namelijk precipitatie als calciumsulfaat en bacteriële reductie tot sulfide, hetgeen uiteindelijk als pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) wordt geprecipiteerd. Alleen het tweede proces speelt tegenwoordig een rol; calciumsulfaat vorming door verdamping treedt nauwelijks op. Volgens Berner (1973) is in de oceaan de aanvoer en afvoer van sulfaat momenteel niet in evenwicht. De concentratie van sulfaat zou, bij gelijk blijven- de omstandigheden, in 14 miljoen jaar het dubbele zijn van zijn tegenwoordige waarde.

Een ander macroecologisch aspect van sulfaatreductie is het volgende. In het fotosynthese proces wordt organische stof en zuurstof gevormd. Het huidige hoge zuurstof gehalte in de atmosfeer kan als volgt verklaard worden. In de eerste plaats werd een deel van de gevormde organische stof vast gelegd (o.a. fossiele brandstoffen) en in de tweede plaats werd een belangrijk deel van de gevormde organische stof verbrand in ademhalingsprocessen, waarbij niet zuurstof, doch andere electronenacceptoren, zoals sulfaat en nitraat, gebruikt werden. Redfield (1958) neemt aan, dat anaerobe bekkens van groot belang zijn voor de zuurstofhuishouding op aarde en Deevey (1970) argumenteert er de bescherming van moerassen, estuariën en rivierbeddingen mee: "When you are faced by the boor, who can look into the misty distance of some lovely sea marsh and say to you, 'What use is it?' You can tell him that it provides him with oxygen to breathe" (Colinvaux, 1973).

Sulfaatreductie treedt slechts op in anaerobe milieus in afhankelijkheid van het aanbod aan organische stof dat de nodige electronen moet leveren voor de reductie van sulfaat. Sulfaatreductie heeft daardoor niet alleen effect op de zwavelkringloop en het sulfaatbudget van de oceanen maar ook op de koolstofkringloop. Volgens Jørgensen & Fenchel (1974) wordt onder bepaal-

de omstandigheden in marien sediment evenveel organische stof gemineraliseerd door sulfaatreductie als door verbranding met zuurstof.

In het sediment worden door reductie van sulfaat vele milieufactoren gewijzigd. Postgate (1960) geeft hiervan een opsomming. Zo veranderen door sulfaatreductie redoxpotentiaal, pH, en sulfaatconcentratie; S-isotopen worden gefractioneerd; metalen worden als sulfiden geprecipiteerd en omdat het ferrifosfaat met sulfide reageert tot FeS en fosfaat wordt dit fosfaat gemobiliseerd. Dit mobiliseren van fosfaat vindt Ohle (1954) in binnenwater zelfs zo belangrijk, dat hij sulfaatreductie als katalysator van de stofkringloop kenmerkt.

Door verbruik of productie van bepaalde verbindingen in het sediment zullen door de vorming van verticale concentratiegradiënten en door het optreden van ladingsverschillen in het sediment fluxen ontstaan (Ben Yaakow, 1972). Het is zeer aannemelijk, dat het sediment met de zich daarin afspelende microbiologische processen de chemische samenstelling van het bovenstaande water beïnvloedt.

Een literatuuroverzicht over kwantitatieve gegevens van de sulfaatreductie in diverse gebieden geven Trudinger et al. (1972) en Jørgensen & Fenchel (1974). Gevonden waarden variëren van 0.08 tot 1444 nmol sulfaat  $\text{cm}^{-3}\text{dag}^{-1}$ . Indien sulfaatreductie optreedt in een sediment kolom van 10 cm met een snelheid van 1000 nmol sulfaat  $\text{cm}^{-3}\text{dag}^{-1}$  betekent dit een reductie van 36.5 mol sulfaat  $\text{m}^{-2}\text{jaar}^{-1}$ , hetgeen gepaard gaat met een mineralisatie van 2.5 kg organische stof  $((\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{NH}_3)_1\text{CH}_3\text{PO}_4) \text{ m}^{-2}\text{jaar}^{-1}$ . Dit is een ontzaglijk grote hoeveelheid als men bedenkt dat primaire productie in zee hoogstens 1 kg  $\text{m}^{-2}\text{jaar}^{-1}$  oplevert en gemiddeld niet meer dan 0.1 kg.

Uit hoofdstuk III van dit proefschrift blijkt, dat in het sediment van de Waddenzee via sulfaatreductie organische stof gemineraliseerd wordt. Hoewel er in het sediment een duidelijke afname van het sulfaat te meten is, is dit in het Waddenzee water niet het geval. De wateruitwisseling met het sediment, in vergelijking met de snelle uitwisseling tussen Waddenzee water en Noordzeewater is uiterst gering. Hierdoor wordt in de Waddenzee het effect van processen in de bodem op het bovenstaande water sterk afgevlakt. Het is echter waarschijnlijk dat in estuaria met een trage wateruitwisseling de verhoudingen anders liggen.

Dat sulfaatreductie in het wadsediment kwantitatief gezien een grote rol speelt komt, doordat de zuurstoftoevoer in het sediment gering is vergeleken met de door aanvoer van organische stof veroorzaakte behoefte aan zuurstof. Naast zuurstof en sulfaat kan ook nitraat als electronenacceptor optreden, doch in zeewater is de nitraatconcentratie slechts gering. Gezien de hoge concentratie van sulfaat in zeewater is het daarom waarschijnlijk

dat nitraatademhaling klein is ten opzichte van sulfaatademhaling. In zoetwater, dat over het algemeen weinig sulfaat bevat, liggen deze verhoudingen anders. In verband met het bovenstaande is het dus niet onverwacht, dat toevoeging van een organisch substraat (lactaat) aan wadmodder de sulfaatreductiesnelheid aanzienlijk verhoogt (hoofdstuk IV).

In hoofdstuk V werd beschreven hoe een reïncultuur van een sulfaatreducerende bacterie uit wadsediment werd geïsoleerd. Het organisme, *Desulfovibrio desulfuricans*, bleek in zoverre goed aangepast te zijn aan het milieu waaruit het geïsoleerd werd, dat het groei vertoonde in een ruim traject van zoutgehalte, pH en temperatuur.

In hoofdstuk VI werden experimenten beschreven waarin dit organisme gekweekt werd in een open cultuursysteem (chemostaat) met pyruvaat als voornaamste C- en energiebron. Dit substraat kan door *Desulfovibrio desulfuricans* zowel vergist worden als verademd met sulfaat als electronenacceptor. Het bleek dat bij hoge groeisnelheden in cultures waarvan verwacht werd dat sulfaat of pyruvaat groeisnelheidsbeperkend was, niet deze substraten, doch ijzer de groeisnelheid limiteerde. De onder deze omstandigheden gekweekte cellen bleken een deficiëntie in hun electronentransportsysteem te vertonen.

Onder veldomstandigheden zal de snelheid van de sulfaatreductie waarschijnlijk alleen daar door Fe gelimiteerd worden, waar zeer aanzienlijke hoeveelheden organische stof aanwezig zijn zoals b.v. in de Zuidelijke Dollard.

Bij een studie van het energiemetabolisme (hoofdstuk VII) bleek, dat electronen uit pyruvaat op een relatief hoog energie niveau in de electronentransportketen komen en dat van andere verbindingen zoals lactaat, succinaat en malaat, de electronen er op een lager niveau in komen. Aannemelijk werd gemaakt, dat tussen beide niveau's in de electronentransportketen een fosforyleringsplaats aanwezig is. De electronen afkomstig van de omzetting van substraten zoals lactaat, succinaat en malaat tot pyruvaat leveren tijdens hun transport voldoende ATP op om de benodigde investering van ATP in de activering van sulfaat ten naaste bij te compenseren. De winst van ATP benodigd voor de groei is dan afkomstig uit de omzetting van pyruvaat tot acetaat. Aldus kunnen sulfaatreducerende bacteriën onder anaerobe omstandigheden groeien op stofwisselingsproducten afkomstig van bacteriën die organische substraten vergisten. Een korte bespreking van de ecologische betekenis van stofwisselingsproducten gevormd door *Desulfovibrio* werd gegeven in de discussie van hoofdstuk VII.

Dit proefschrift is bedoeld als een algemene oriëntatie van waaruit verder onderzoek in diverse richtingen mogelijk is. Voor de sulfaathuishouding in zee en ook voor het aandeel van de sul-



sulfaatademha-  
sulfaat bevat  
het bovenstaan-  
n een organisch  
tiesnelheid

ltuur van een  
geïsoleerd. Het  
zoverre goed  
oleerd werd,  
outgehalte, pH

waarin dit or-  
(chemostaat)  
it substraat  
t worden als  
eek dat bij  
verd dat sulfaat  
e substraten,  
eze omstandig-  
un electronen-

sulfaatre-  
erd worden,  
f aanwezig zijn

dstuk VII)  
hoog ener-  
dat van andere  
e electronen  
gemaakt, dat  
n een fosfo-  
g van de om-  
malaat tot  
P op om de  
sulfaat ten  
d voor de  
t tot acetaat.  
erobe omstan-  
ig van bacte-  
bespreking  
ucten gevormd  
hoofdstuk

entatie van  
ijk is. Voor  
van de sul-

faatreductie in de mineralisatie zou een quantificering van de  
sulfaatreductie in verschillende gebieden van belang zijn. Onder-  
zoek naar de regulatie van de synthese van verschillende compo-  
nenten in het electronentransportsysteem van *Desulfovibrio* is  
nog een onontgonnen terrein. En meer algemeen gesproken kan ge-  
zegd worden, dat de huidige stand van kennis van het energie-  
metabolisme van *Desulfovibrio* nog zeer onvolledig is.